



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Off nl gungsschrift  
⑩ DE 43 05 006 A 1

②1 Aktenzeichen: P 43 05 006.9  
②2 Anmeldetag: 18. 2. 93  
④3 Offenlegungstag: 30. 9. 93

⑤1 Int. Cl. 5:  
B 07 C 5/02  
B 07 C 5/342  
B 07 C 5/04  
B 07 C 5/16  
G 01 N 21/45  
G 01 N 21/55  
B 65 G 47/49

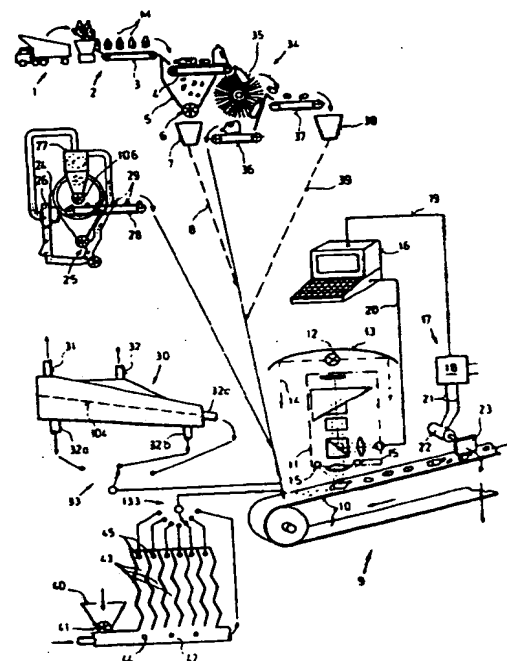
DE 43 05 006 A 1

③0 Unionspriorität: ③2 ③3 ③1  
23.03.92 CH 00912/92 23.10.92 CH 03298/92  
⑦1 Anmelder:  
Bühler AG, Uzwil, CH  
⑦4 Vertreter:  
Fritzsche, R., Rechtsanwalt, 3300 Braunschweig

⑦2 Erfinder:  
Strotz, Leo, Wil, CH; Bossart, Roman, Flawil, CH;  
Ritzmann, Heinz, Weinfelden, CH

⑤4 Verfahren zum automatischen Sortieren von Abfallmaterial und Verfahren zur Spektralanalyse von Stoffen sowie Einrichtungen zur Durchführung der Verfahren

⑤7 Ein Verfahren und eine Einrichtung zur automatischen Sortierung von Abfallmaterial, insbesondere von Kunststoffabfällen, vorzugsweise in großen Quantitäten. Die Sortierung wird in mindestens zwei Schritten durchgeführt, wobei in einem ersten Schritt eine Vorsortierung nach vorzugsweise einem von der stofflichen Zusammensetzung des Abfallmaterials abweichenden Kriterium und anschließend in einem zweiten Schritt eine Sortierung nach stofflichen Kriterien vorgenommen wird.  
Zur Überprüfung bzw. Feststellung der stofflichen Kriterien des bereits vorsortierten Abfallmaterials wird im zweiten Schritt ein Spektrogramm des Abfallmaterials ermittelt, wobei vorzugsweise ein Verfahren zur Spektralanalyse angewandt wird, bei dem der zu messende Stoff (M) während seiner Bewegung entlang einer Förderbahn (10) mit Licht oder einer anderen elektromagnetischen Strahlung be- oder durchleuchtet und das vom Stoff (M) reflektierte und/oder aus dem Stoff wieder austretende Licht gleichzeitig auf mehrere lichtelektrische Wandler projiziert wird, um im Durchlauf der Stoffe eine Echtzeitanalyse zu erhalten. Die Ausgangssignale der Wandler (5) werden einer spektrometrischen Analyseeinrichtung (11) zur Erfassung bzw. Messung artspezifischer stofflicher Parameter zugeführt.



DE 43 05 006 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum automatischen Sortieren von Abfallmaterial, insbesondere Kunststoffabfällen vorzugsweise in großen Quantitäten und eine Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens mit vorzugsweise mechanischen und motorisch angetriebenen Einrichtungen zur Sortierung von Materialien, Körpern od. dgl. nach Größe und/oder Dichte und/oder Volumen, wie Schüttelsiebe, Siebbänder, Siebtrommeln, Vibrationsgeräte, Zellenradschleusen, Windsichter, ballistische Sortierer, Absaugeeinrichtungen u. dgl. einzeln oder zumindest teilweise in Kombination, wobei das vorselektierte und gegebenenfalls vereinzelte Abfallmaterial einem Förderband zugeführt wird. Ebenso bezieht sich die Erfindung auf ein Verfahren zur Spektralanalyse von Stoffen, wie es insbesondere für das erstgenannte Verfahren zum Einsatz kommen kann, sowie auf eine zugehörige Vorrichtung.

Abfall, insbesondere städtischer und Industrie-Müll, ist naturgemäß sowohl hinsichtlich seiner Größe als auch bezüglich der Zusammensetzung sehr heterogen, was die Sortierung verhältnismäßig schwierig macht. Diese Schwierigkeit vergrößert sich besonders dann, wenn es darum geht, einen Teil des Abfalles so aufzubereiten, daß er einer erneuten Verwendung zugeführt werden kann. Nun beschreibt die EP-B-82 815 ein Verfahren, bei dem es in überraschender Weise gelingt, praktisch eine Sortierung nach chemischen Inhaltsstoffen des Abfalles einfach durch Sortieren nach Größe herbeizuführen, wenn einmal aufgrund einer Müllanalyse festgestellt wurde, welche Fraktionen bestimmte chemische Eigenschaften besitzen. Allerdings geht es in dieser Schrift nicht um eine Wiederverwendung des Materials im engeren Sinne, d. h. um eine Wiederverwendung in jenem Einsatzgebiete, aus dem die Abfälle stammen, sondern um eine Verbrennung oder Kompostierung.

Naturgemäß sind aber die Anforderungen hinsichtlich der Stoffqualität größer, wenn das Abfallmaterial derart sortiert werden soll, daß es einer Wiederverwendung zugeführt werden kann. Dies gilt im besonderen Maße für die Wiederverwendung von Kunststoffen, die je nach ihrer chemischen Zusammensetzung einer unterschiedlichen Behandlung bedürfen. Ergeben sich beim Sortieren dann zu große Ungenauigkeiten, so ist die ganze Wiederaufbereitung in Frage gestellt.

Bisher hat man sich in der Praxis hauptsächlich auf eine Handsortierung gestützt, wenn es darum ging, Kunststoffabfälle neu zu verarbeiten. Selbstverständlich sind auch die verschiedensten Methoden bekannt, um die chemische Zusammensetzung — auch von Kunststoffen diverser Materialien — festzustellen. Diese Untersuchungsmethoden scheitern aber in der Praxis an der großen Quantität der anfallenden Müllmengen und konnten daher bisher für diese Zwecke kaum verwendet werden.

Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, ein Sortierverfahren für Abfallmaterial, insbesondere von Kunststoffabfällen, zu schaffen, mit denen auch große Mengen an Abfall automatisch mit großem Genauigkeitsgrad sortiert werden können. Erfindungsgemäß wird daher bei einem Verfahren der eingangs erwähnten Art vorgeschlagen, daß die Sortierung in mindestens zwei Schritten durchgeführt wird, wobei in einem ersten Schritt eine Vorsortierung nach vorzugsweise einem von der stofflichen Zusammensetzung des Abfallmaterials abweichenden Kriterium und anschließend in einem

zweiten Schritt eine Sortierung nach stofflichen Kriterien vorgenommen wird.

Hier macht sich also die Erfindung, die aus der EP-B-82 815 bekannte Erfahrung zunutze, daß eine Sortierung nach von der stofflichen Zusammensetzung abweichenden Kriterien bereits eine gewisse Konzentration einzelner chemischer Stoffe in den einzelnen Fraktionen mit sich bringen kann. Es ist dann wesentlich leichter, aus diesen angereicherten Fraktionen eine Auslese nach Kriterien der stofflichen Zusammensetzung durchzuführen. Versuche der Anmelderin haben dies auch bestätigt.

In weiterer Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird vorgeschlagen, daß auch die Vorsortierung in mindestens zwei Schritten durchgeführt wird, wobei vorzugsweise diese Vorsortierung nach Größe und/oder Dichte und/oder Volumen des Abfallmaterials vorgenommen wird. Diese Maßnahmen haben sich als günstig erwiesen und es ist vorteilhaft, wenn die Vorsortierung wenigstens einen Siebvorgang umfaßt. Es ist aber auch von Vorteil, wenn dieser Verfahrensschritt einen Sichtvorgang unter Anwendung von Gas, insb. Luft, aufweist.

Um die Genauigkeit zu erhöhen, wird gemäß einem weiteren Kennzeichen der Erfindung vorgesehen, daß vorzugsweise während der Vorsortierung, jedoch stets vor der Sortierung nach stofflichen Kriterien eine Vereinzelung des Abfallmaterials durchgeführt wird. Hierdurch können in vorteilhafter Weise gut trennbare Volumina zuverlässig geprüft werden.

Da die stoffliche Sortierung nach der Vorsortierung relativ rasch vor sich gehen muß, wird in weiterer Ausgestaltung der Erfindung vorgeschlagen, daß zur Überprüfung bzw. Feststellung der stofflichen Kriterien des bereits vorsortierten Abfallmaterials im zweiten Schritt ein Spektrogramm des Abfallmaterials ermittelt wird, wobei vorzugsweise das Spektrogramm interferometrisch, insbesondere durch eine Fourier-Analyse oder eine Fast-Fourier Analyse ermittelt wird. Besonders genaue Ergebnisse erhält man beispielsweise mit einem Polarisationsinterferometer, wie dies in der WO90/10191 beschrieben ist. Besonders bevorzugt ist jedoch hierzu ein Verfahren zur Spektralanalyse wie es später noch im einzelnen beschrieben wird und den Gegenstand des Anspruches 11 bildet.

Nach einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird vorgeschlagen, daß insbesondere bei interferometrischer Ermittlung des Spektrogrammes unter Auflichtbeleuchtung des vorzugsweise unterschiedliche Größen und/oder Volumina aufweisenden Abfallmaterials während des Analysevorganges eine Abstandsmessung eines Meßkopfes der Analyseeinrichtung zum der Prüfung unterzogenen, vorzugsweise vereinzelt Abfallmaterials durchgeführt wird und ein aus dieser Abstandsmessung abgeleitetes Signal als Korrektursignal od. dgl. in funktionellem Zusammenhang mit dem vorzugsweise interferometrisch ermittelten Spektrogramm gesetzt wird oder dieses Signal als Steuersignal zur selbsttätigen Einstellung eines vorbestimmten Abstandes des Meßkopfes zum zu prüfenden Abfallmaterial herangezogen wird.

Durch die oben genannten erfindungsgemäßen Maßnahmen wird in vorteilhafter Weise eine vereinfachte Anpassung an große Mengenströme erreicht. Auch wird die Gefahr der Verschmutzung des Analysengerätes besser vermieden. Haben die zu prüfenden Materialien unterschiedliche Materialien, so ergeben sich gera-

de bei der Benützung von reflektierten Strahlen Veränderungen des Signales in Abhängigkeit vom Abstand des Abfalls zum Interferometer. Die Abstandsmessung in das Verfahren miteinzubeziehen eliminiert in vorteilhafter Weise diese nachteiligen Effekte.

Rasch kann das Sortiervfahren durchgeführt werden, wenn nach weiterer Ausgestaltung der Erfindung vorgesehen wird, daß vorzugsweise für eine Vielzahl von unterschiedlichen stofflich beschaffenen Abfallmaterialien Spektrogramme unter Berücksichtigung verschiedener Meßabstände als charakteristische, vorzugsweise mehrdimensionale Soll-Spektrogramme gespeichert werden, diese mit Ist-Spektrogrammen jedes im Sortiervfahren geprüften Abfallmaterials verglichen werden und das aus dem Vergleich abgeleitete Resultatsignal zumindest als Steuersignal für den selektiven Sortiervorgang herangezogen wird. Bei den oben genannten Spektrogrammen ergeben sich mehrdimensionale Diagramme mit verschiedenen Variablen, darunter auch "Wellenlänge", "Entfernung" und "Material" und entsprechende sog. Cluster von charakterisierenden Punkten. So kann also auch die Meßentfernung gewünscht falls aus dem Spektrogramm gelesen werden, in welchem Falle auf eine gesonderte Entfernungsmeßeinrichtung verzichtet werden kann.

Bei einer Einrichtung der eingangs erwähnten Art zur Durchführung des oben beschriebenen Verfahrens wird in weiterer Ausgestaltung der Erfindung vorgeschlagen, daß das Förderband an eine Stoffanalyseeinrichtung geführt ist, die ein Interferometer, insb. ein Polarisationsinterferometer aufweist, das mit einer Auflicht-Beleuchtungseinrichtung für das Abfallmaterial ausgerüstet ist, die vorzugsweise zumindest annähernd parallel ausgerichtete Lichtstrahlen emittiert, wobei das Ausgangssignal des Interferometers einer Auswerteeinrichtung zur Durchführung einer Fourier-Analyse, insb. Fast-Fourier-Analyse, zugeführt ist, welche Auswerteeinrichtung eine Vergleichseinrichtung für vom analysierten Abfallmaterial abgeleitete Spektrogramme und vorbestimmte gespeicherte Spektrogramme aufweist, wobei das Ausgangssignal der Vergleichseinrichtung zur Steuerung von Aktuatoren, elektrostatischen und/oder pneumatischen und/oder elektromechanischen Auswerfern, Schiebern od. dgl. für das geprüfte und qualifizierte Abfallmaterial vorgesehen ist. Diese Einrichtung ermöglicht eine effiziente und kostengünstige Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens, wobei die Messung kontaklos erfolgt.

Besonders universell kann die erfindungsgemäße Einrichtung eingesetzt und das Verfahren rasch durchgeführt werden, wenn in weiterer Ausgestaltung der Erfindung vorgesehen wird, daß eine Abstandsmesseinrichtung zur Ermittlung des Abstandes des zu prüfenden Abfallmaterials zum Meßkopf der Analyseeinrichtung vorgesehen ist, deren Ausgangssignal der Auswerteeinrichtung zur vorzugsweise rechnerischen Kompensation der Meßentfernung und/oder zur selbsttätigen Einstellung einer vorbestimmten Meßentfernung der Analyseeinrichtung zum Abfallmaterial am Förderband zugeführt ist.

Hierbei ist von Vorteil, wenn erfindungsgemäß die Einrichtung zur Abstandsmessung eine berührungslos arbeitende aktive oder passive Entfernungsmeßeinrichtung für nicht kooperative Meßobjekte ist, wobei als Meß-Strahlung Licht, Infrarotstrahlung, Mikrowellenstrahlung oder Ultraschall vorgesehen ist und die Meßentfernung durch Signallaufzeit oder Meß-Strahlablenkung nach trigonometrischen Rechenregeln ermittelbar

ist.

Nach einem anderen Aspekt liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, die Sortierung zu beschleunigen, um große Massenströme bewältigen zu können. Denn der große Anfall von Müll erfordert immer mehr den Einsatz von selbsttätigen Sortiereinrichtungen etc., um sowohl die Entsorgung als auch die Wiedergewinnung von Rohstoffen bzw. Materialien kosteneffizient zu ermöglichen. Hierzu ist es erforderlich, Verfahren anzuwenden bzw. Einrichtungen einzusetzen, die Stoffe erfassen, an diesen berührungslos optische Messungen vornehmen, spezifische spectrale Parameter vergleichen und dieses Analyseergebnis zur selbsttätigen Steuerung gegebenenfalls verfügbar machen.

Zur Spektralanalyse erfordert ein Interferometer die mechanische Abtastung des gesamten Spektralbereiches. Hierzu wird ein Prisma im Strahlengang der Apparatur verschoben. Dieser Bewegungsvorgang bedarf eines gewissen Zeitbedarfs, der zwar nicht allzu groß ist, aber doch eine rasche Messung bzw. Erfassung von Stoffen, wie beispielsweise einen Förderkanal durchlaufender oder einen Füllschacht durchvfallender Körper od. dgl. nicht ermöglicht.

Ausgehend von einem Verfahren nach dem Oberbegriff des Anspruches 17 liegt der Erfindung daher in weiterer Ausgestaltung die Aufgabe zu Grunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zu schaffen, die die Nachteile der interferometrischen Spektralanalyse vermeiden und eine Erhöhung der Meßgeschwindigkeit erzielen. Gemäß der Erfindung werden bei einem Verfahren der eingangs erwähnten Art die kennzeichnenden Merkmale des Anspruches 17 vorgeschlagen. Dadurch, daß der zu messende Stoff während seiner Förderbewegung be- oder durchstrahlt wird, ist ein Anhalten des jeweiligen Stoffes in einer bestimmten Position nicht mehr erforderlich. Auch die Tatsache, daß mehrere strahlungselektrische Wandler vorgesehen sind, spart Zeit, die sonst für die aufeinanderfolgende Abtastung des Spektrums notwendig wäre. Somit ist dieses Verfahren schnell durchführbar und erbringt die erforderlichen Meßwerte zur Klassifikation des erfaßten Stoffes. Da der zu vermessende Stoff, Körper, etc. im Meßfeld nicht mehr angehalten zu werden braucht, wird ein kontinuierlicher und zeitsparender Ablauf beispielsweise eines Sortierprozesses erreicht.

Nach einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird vorgeschlagen, daß der zu erfassende bzw. zu messende Stoff an den lichtelektrischen Wandlern zur Spektralanalyse vorbeigeführt wird, wobei vor jeder Messung des zu untersuchenden Stoffes das umgebende Medium, wie Luft od. dgl., mit den strahlungselektrischen Wandlern und der angeschlossenen spektrometrischen Analyseeinrichtung erfaßt und gemessen wird und die aus dieser vorzeitigen Messung abgeleiteten Meßwerte zur Standardisierung des Ruhesignales der lichtelektrischen Wandler herangezogen werden. Hierdurch werden für alle Meßvorgänge gleiche Ausgangsbedingungen geschaffen, die zur Meßgenauigkeit und somit zum störungsfreien Betrieb wesentlich beitragen, was insbesondere für den industriellen Einsatz von wesentlicher Bedeutung ist.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung wird vorgeschlagen, daß durch Vorbeiführen des zu untersuchenden Stoffes an mindestens einem strahlungselektrischen Wandler eine signifikante Änderung dessen Ausgangssignales eingeleitet wird, welche Änderung zur Aktivierung der Spektralanalyse des Stoffes herangezogen wird. Hierdurch wird selbsttätig in einfachster Weise

ohne Verwendung zusätzlicher Einrichtungen, wie Lichtschranken, Sensoren etc. der Meßvorgang bzw. die Spektralanalyse eingeleitet.

Nach einem weiteren bevorzugten Merkmal der Erfindung wird vorgeschlagen, daß die Ausgangssignale der strahlungselektrischen Wandler während der Zeitdauer des Vorbeiführens des zu messenden Stoffes zumindest in vorzugsweise vorbestimmten Zeitintervallen der Spektralanalyse unterzogen werden. Durch diese Maßnahme werden je untersuchtem Stoff, Körper od. dgl. während des Passierens durch das Gesichtsfeld der strahlungselektrischen Wandler eine Vielzahl von Messungen vorgenommen, der Analyseeinrichtung zugeführt und dem Auswerteprozeß unterworfen. Hierdurch steigt nicht nur die Genauigkeit des Meßverfahrens sondern auch die Möglichkeit, Stoffe, Körper und dergleichen zu erkennen, die zum Teil durch Etiketten, Lackierungen etc. abgedeckt sind.

Bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung mit einer Strahlungsquelle und einer strahlungselektrischen Sensoreinrichtung, insbesondere zur Steuerung von selbsttätigen Sortiervorrichtungen, vorzugsweise für Kunststoffkörper, wie Kunststoffflaschen, Verpackungsmaterial, etc. zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden die Merkmale des Anspruches 15 vorgeschlagen. Durch diese Ausgestaltung wird eine Vorrichtung geschaffen, die selbst lediglich geringen apparativen Aufwandes bedarf, die eine rasche Erfassung bzw. Messung der Stoffe ermöglicht und fernerhin eine Sortierung der gemessenen Stoffe durchführt.

Durch die bevorzugte erfindungsgemäße Ausführungsform, daß an mindestens einen strahlungselektrischen Wandler zumindest mittelbar ein Schwellwertschalter bzw. eine Schwellwert-Programmfunktion zur Aktivierung des Spektralanalyseprozesses angeschlossen ist, wird erreicht, daß die Meßfunktion selbsttätig aktiviert wird, ohne daß ein zusätzlicher Sensor eingesetzt werden muß.

Je nach flächiger oder räumlicher Formgebung des zu vermessenden Stoffes bzw. der zu vermessenden Körper ist es nach einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung vorteilhaft, die lichtelektrischen Wandler in Form einer Zeile oder einer Matrix aneinanderzureihen, wobei eine Steuereinrichtung zur vorzugsweise zeitsequentiellen Zuführung der Ausgangssignale der Wandler an die Analyseeinrichtung vorgesehen ist. Hierdurch werden an einem Stoff bzw. an einem Körper mehrere Messungen bzw. Spektralanalysen durchgeführt, die einerseits etwaige Störungen hervorgerufen durch Abdeckungen, Verschmutzungen des zu untersuchenden Stoffes, Körpers od. dgl. reduzieren.

Für zahlreiche Anwendungsfälle kann es von Vorteil sein, wenn nach einer weiteren Ausführungsform der Erfindung, die Strahlungsquelle und/oder die strahlungselektrischen Wandler entfernt vom zu messenden Stoff angeordnet sind und über Strahlungsleiter bzw. Faseroptiksysteme mit dem zu messenden Stoff in Wirkverbindung bringbar ist bzw. sind. Hierdurch kann die gegebenenfalls auf Umwelteinflüsse empfindliche Elektronik auf einem sicheren Ort angeordnet werden. Auch die Reinigung der Vorrichtung kann dadurch wesentlich vereinfacht werden, da die Abkopplung der Wandler und/oder der Strahlungsquelle von der Vorrichtung über Strahlungsleiter bzw. der faseroptischen Systeme sehr einfach und in kurzer Zeit durchführbar ist.

Weitere Einzelheiten der Erfindung ergeben sich anhand der nachfolgenden Beschreibung von in der Zeich-

nung schematisch dargestellten Ausführungsbeispielen:

Fig. 1 veranschaulicht das erfindungsgemäße Verfahren zur Sortierung von Abfallsmaterialien samt den zugehörigen Einrichtungen, und

Fig. 2 zeigt schematisch eine Vorrichtung mit spektrometrischer Analyseeinrichtung und mit von dieser gesteuerter Sortiereinrichtung.

Anhand der Fig. 1 sind mehrere verschiedene Möglichkeiten gezeigt, die alternativ oder kumulativ eingesetzt werden können. So ist es denkbar, daß, z. B. an Sammelstellen gesammeltes Kunststoffmaterial M mittels Lastwagen 1 herantransportiert wird, um – gegebenenfalls nach Zwischenlagerung in einem Zwischenbunker – einer Vereinzelungsvorrichtung 2 zugeführt zu werden. Wie ersichtlich werden die einzelnen Kunststoffbehälter jeweils gesondert einem Transportband 3 übergeben, von wo sie einer Vorsortierung zugeleitet werden. Diese Vorsortierung erfolgt, wie ersichtlich, in zwei Schritten.

Im ersten Schritt erfolgt eine Absiebung, zu welchem Zweck ein Siebband 4 vorgesehen ist, das das hindurchgelassene Kunststoffmaterial an einen Trichter abgibt, an dessen Ausgang eine Zellenradschleuse 6 zur Abgabe des Materials in einen Vorratsbehälter 7 angeordnet ist.

Wie strichliert anhand der Linie 8 angedeutet, kann aber dieses Material unmittelbar der nachgeschalteten Stoffsortierstufe 9 zugeführt werden, die das Material nach stofflichen Kriterien, d. h. unter Durchführung einer chemischen Analyse, prüft. In diesem Falle ist es vorteilhaft, wenn die Zellenradschleuse 6 schrittweise betrieben wird, so daß auf dem Transportwege 8 die Vereinzelung des Materials beibehalten wird. Das Material gelangt dann vereinzelt auf ein Förderband 10, das die einzelnen Teile an einem Polarisationsinterferometer (später Gerät genannt) 11 vorüberführt, das vorzugsweise entsprechend der WO 90/10191 ausgebildet ist. Im Gegensatz zu dieser bekannten Ausführung arbeitet jedoch das Gerät 11 mit einer Auflicht-Lampe 12, so daß das Gerät 11 das vom Stoff reflektierte Licht erhält. Dabei ist der Lichtquelle 12 vorzugsweise eine Optik, insbesondere eine Spiegeloptik 13 zugeordnet, die die Beleuchtungsstrahlen 14 wenigstens annähernd parallel ausrichtet, da dadurch die Empfindlichkeit des Gerätes 11 auf Entfernungsunterschiede vermindert wird.

Zusätzlich oder alternativ kann mit dem Gerät 11 ein Abstandsmesser verbunden sein. Dieser Abstandsmesser ist im dargestellten Ausführungsbeispiel von zwei an einer Basis gelegenen lichtelektrischen Wandler 15 gebildet, die das aus der Lichtquelle 12 stammende und vom jeweiligen Material reflektierte Licht erhalten. An sich könnte einer der lichtelektrischen Wandler 15 auch durch eine Lichtquelle ersetzt sein, doch ist dies im vorliegenden Falle nicht erforderlich, da ja durch die Lichtquelle 12 eine ausreichende Beleuchtung gesichert ist. Im übrigen kann die Abstandsmeßeinrichtung 15 auf beliebige Weise ausgebildet sein, beispielsweise eine Diodenzeile beinhalten oder als Laufzeitentfernungsmesser, z. B. mit Ultraschall, ausgebildet sein. Es ist aber auch möglich, die Abstandsmessung durch entsprechende Auswertung des Spektrogrammes durchzuführen.

In jedem Falle ergibt sich an einer Ausgangsleitung 20 ein durch die Interferenzen bestimmtes Ausgangssignal des Gerätes 11, das einer Auswerteeinrichtung 16 zur Durchführung einer Fourier-Analyse, insbesondere einer Fast-Fourier-Analyse zugeführt wird. Das Auswertegerät 16 vergleicht sodann vorzugsweise das aus

dieser Analyse entwickelte Spektrogramm mit mindestens einem gespeicherten Soll-Spektrogramm, um die chemische Zusammensetzung des jeweiligen Materiales festzustellen, und betätigt dementsprechend einen Aktuator 17. Im Prinzip läuft dies also in ähnlicher Weise ab, wie dies in der EP-A-0 475 121 dargestellt und beschrieben ist. Dort werden vor allem elektrostatische und pneumatische Aktuatoren zum Aufwerfen der aussortierten Teile genannt, doch kann es sich beim Aktuator 17 auch um einen mechanischen handeln, der beispielsweise einen elektrofluidischen Wandler 18 zur Umwandlung des über eine Ausgangsleitung 19 erhaltenen Signales in ein entsprechendes fluidisches, z. B. pneumatisches, Signal an Ausgangsleitungen 21 aufweisen, wobei die Ausgangsleitungen 21 an einen Betätigungszylinder 22 zur Betätigung eines Schiebers 23 steuert. Ebenso wie in der genannten EP-A-0 475 121 ist es ohne weiteres möglich, mehrere solcher Aktuatoren 17 entlang des Bandes 10 anzuordnen, um je nach dem auszusortierenden Material den einen oder anderen zu betätigen.

Die Erfindung ist aber keineswegs bloß für bereits vorsortiertes Kunststoffmaterial anwendbar, wie es von den Lastwagen 1 angeliefert wird. Es wird auf die DE-A-38 36 608 bezug genommen, bei der es hauptsächlich um die Verarbeitung von sog. Grünmüll geht, der häufig einen gewissen Anteil an Kunststoffen enthält. Nach dieser DE-A- ist eine, vorzugsweise aus mehreren Abteilen mit verschiedener Lochgröße bestehende Siebtrommel 24 vorgesehen, an die ein Gebläse 26 für einen eine Fraktion des Siebdurchfalles aufnehmenden Windsichters 25 angeschlossen ist. Dabei wird die Sichtluft zweckmäßig im Kreislauf betrieben, zu welchem Zwecke der Windsichter 25 in ein Zyklon 27 einmündet, innerhalb dessen die ausgesonderte Kunststofffraktion nach unten abgesetzt wird, wogegen die Luft wieder zum Gebläse 26 läuft. An der Unterseite des Zyklons 27 ist eine Zellenradschleuse 106 vorgesehen, die — in ähnlicher Weise wie die Zellenradschleuse 6 — zweckmäßig schrittweise betrieben werden kann, um an einem vorüberlaufenden Transportband 28 vereinzelte Kunststoffteile 29 abzulagern.

Vom Transportband 28 kann das so vereinzelte Gut wiederum der schon beschriebenen Analysier- und Sortierstufe 9 zugeführt werden. Es versteht sich, daß — gerade bei Grünkompost — die ausgesiebte Fraktion einen hohen Anteil an feinen Kompostteilen mit sich führen kann, die aber in dem Windsichter 25 entsprechend der Offenbarung der DE-A 38 36 698 ausgesondert wird.

Die verschiedenen Sortiermethoden können im Rahmen der Erfindung in Kombination miteinander angewandt werden, wenn man beispielsweise ein Vibrationsgerät 30 anwendet, das als Schüttelsieb oder als bekannter Schwerteilausleser ausgebildet sein kann. Wird das Material, z. B. ähnlich der Ausführung der CH-PS 522 451, oder der DE-A-23 37 808, über einen Einfüllstutzen 31 eingeführt und gelangt auf mindestens einen Siebboden 104. Es können aber auch mehrere Siebböden übereinander mit abnehmendem Lochquerschnitt angeordnet werden. Ferner ist zur Absaugung einer Feinfraktion ein Absaugstutzen 32 angeschlossen, und es kann die Vibration des Siebbodens 104 derart ausgelegt sein, daß sich die Schwerteile an der Oberseite dieses Siebes sammeln.

Auf diese Weise können — außer dem Absaugstutzen 32 — noch drei Auslässe 32a, 32b, 32c für unterschiedliche Fraktionen vorgesehen sein, die dann jeweils in einem

(hier nicht dargestellten) Zwischenspeicher, z. B. ähnlich dem Zwischenbehälter 7, Material zuführen, oder über eine Mehrwegeweiche 33 das Material unmittelbar an die Sortierstrecke 9 abgeben.

Obwohl es bevorzugt ist, anschließend an eine Siebung eine weitere Sichtung anzuschließen, kann gegebenenfalls darauf auch verzichtet werden. Im Falle des Siebes 4 ist ein ballistischer Sortierer 34 nachgeschaltet, der gemäß der WO91/01817 eine Bürstenwalze 35 aufweist. Infolge der Nachgiebigkeit der Oberfläche dieser Bürstenwalze 35 werden schwerere Teile tiefer einsinken und dann nach unten, auf einen Bandförderer 36 abgelenkt werden, wogegen leichtere Teile tangential abgeschleudert werden und über einen Förderer 37 einem Zwischenlager 38 zugeführt werden. Wie ersichtlich gelangen die Teile vom Förderer 36 unmittelbar auf die Analysier- und Sortierstrecke 9, doch kann auch das vom Förderer 37 kommende Material entsprechend der Linie 39 der Analysierstrecke 9 zugeführt werden.

Obwohl es also nicht bevorzugt ist, lediglich eine einzige Art von Vorsortierung vorzunehmen, kann eine solche in mehreren Stufen erfolgen, in dem das Material einem Einfülltrichter 40 zugeführt wird, der zweckmäßig von einer Zellenradschleuse 41 abgeschlossen ist. Unterhalb der Zellenradschleuse befindet sich ein Förderkanal 42, an den eine Anzahl von Windsichtern, vorzugsweise von zick-zack-Windsichtern 43 angeschlossen ist.

Um nun das den Kanal 42 zugeführte Material zu veranlassen, in die Windsichterkanäle 43 hochzusteigen, können Impulsdüsen 44 jeweils am Eingang eines Windsichterkanales vorgesehen sein, die das Material in den Windsichterkanal umlenken. Alternativ oder zusätzlich sind an die Oberseite der Windsichterkanäle 43 Saugleitungen 45 angeschlossen. In jedem Falle wird das leichtere Material nach oben geführt, wogegen das schwere in den Förderkanal 42 zurücksinkt und zum nächsten Windsichter mitgenommen wird. Dabei kann die Anordnung zweckmäßig so getroffen sein, daß jeder der Kanäle 43 eine andere Fraktion aussortiert, sei es dadurch, daß die Strömungsverhältnisse in diesen Kanälen unterschiedlich gestaltet werden (größerer oder kleinerer Druck bzw. Windgeschwindigkeit), und/oder daß die Kanäle unterschiedlich, z. B. mit unterschiedlichem Querschnitt gestaltet sind.

Die Ausgänge dieser Windsichterkanäle 43 können wiederum über eine Rohrweiche 133 wahlweise der Analysier- und Sortierstrecke 9 unmittelbar zugeführt werden oder einem (hier nicht dargestellten) Zwischenbunker.

Es versteht sich, daß im Rahmen der Erfindung zahlreiche Varianten denkbar sind, insbesondere können die verschiedenen Methoden der Vorsortierung miteinander kombiniert werden, beispielsweise, indem man die Sortierwirkung von Wirbelbetten mit zur Vorsortierung heranzieht. Ferner ist die Sortierung nach stofflichen Kriterien auf die verschiedenste Weise möglich, beispielsweise auch chromatographisch. Falls ein Spektrometer verwendet wird, ist die Verwendung von elektromagnetischer Strahlung im nahen Infrarotbereich günstig, aber nicht Bedingung; beispielsweise kann auch Licht des sichtbaren Bereiches herangezogen werden. Es versteht sich auch, daß die Auflichtbeleuchtung zwar günstig ist, daß es aber ebenso denkbar wäre, das zu sortierende Material über einen, z. B. schrägen, Schacht zu leiten, in dem die Sonde eines Spektrometers untergebracht ist.

Eine besonders günstige Vorrichtung zur stofflichen





zwei Schritten durchgeführt wird, wobei vorzugsweise diese Vorsortierung nach Größe und/oder Dichte und/oder Volumen des Abfallmaterials vorgenommen wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß vorzugsweise während der Vorsortierung, jedoch stets vor der Sortierung nach stofflichen Kriterien eine Vereinzelung des Abfallmaterials durchgeführt wird.

4. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, daß zur Überprüfung bzw. Feststellung der stofflichen Kriterien des bereits vorsortierten Abfallmaterials im zweiten Schritt ein Spektrogramm des Abfallmaterials ermittelt wird, wobei vorzugsweise das Spektrogramm interferometrisch, insbesondere durch eine Fourier-Analyse oder eine Fast-Fourier-Analyse ermittelt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß, insbesondere bei interferometrischer Ermittlung des Spektrogrammes unter Auflichtbeleuchtung des vorzugsweise unterschiedliche Größen und/oder Volumina aufweisende Abfallmaterials während des Analysevorganges, eine Abstandsmessung eines Meßkopfes der Analyseeinrichtung zum der Prüfung unterzogenen, vorzugsweise vereinzelt Abfallmaterials durchgeführt wird und ein aus dieser Abstandsmessung abgeleitetes Signal als Korrektursignal od. dgl. in funktionellem Zusammenhang mit dem vorzugsweise interferometrisch ermittelten Spektrogramm gesetzt wird oder dieses Signal als Steuersignal zur selbsttätigen Einstellung eines vorbestimmten Abstandes des Meßkopfes zum zu prüfenden Abfallmaterial herangezogen wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß vorzugsweise für eine Vielzahl von unterschiedlichen stofflich beschaffenen Abfallmaterialien Spektrogramme unter Berücksichtigung verschiedener Meßabstände als charakteristische, vorzugsweise mehrdimensionale Soll-Spektrogramme gespeichert werden, diese mit Ist-Spektrogrammen jedes im Sortiervorgang geprüften Abfallmaterials verglichen werden, und das aus dem Vergleich abgeleitete Resultatsignal zumindest als Steuersignal für den selektiven Sortiervorgang herangezogen wird.

7. Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 6, mit Einrichtungen zur Sortierung von Materialien, Körpern od. dgl. nach Größe und/oder Dichte und/oder Volumen, wobei das vorselektierte Abfallmaterial einer Förderbahn zugeführt wird, dadurch gekennzeichnet, daß die Förderbahn (10; 110) an eine Analyseeinrichtung (11; 111) geführt ist, die ein Spektrometer aufweist.

8. Einrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß eine Abstandsmeßeinrichtung (15) zur Ermittlung des Abstandes des zu prüfenden Abfallmaterials zum Meßkopf der Analyseeinrichtung (11) vorgesehen ist, deren Ausgangssignal der Auswerteeinrichtung (16) zur vorzugsweise rechnerischen Kompensation der Meßentfernung und/oder zur selbsttätigen Einstellung einer vorbestimmten Meßentfernung der Analyseeinrichtung (11) zum Abfallmaterial an der Förderbahn (10) zugeführt ist.

9. Einrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet,

daß die Einrichtung zur Abstandsmessung eine berührungslos arbeitende aktive oder passive Entfernungsmesseinrichtung für nicht kooperative Meßobjekte ist, wobei als Meß-Strahlung Licht, Infrarotstrahlung, Mikrowellenstrahlung oder Ultraschall vorgesehen ist, und die Meßentfernung durch Signallaufzeit oder Meß-Strahlablenkung nach trigonometrischen Rechenregeln ermittelbar ist.

10. Einrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß dem Spektrometer eine Aufsicht-Beleuchtungseinrichtung (12, 13) für das Abfallmaterial zugeordnet ist, die vorzugsweise zumindest annähernd parallel ausgerichtete Lichtstrahlen emittiert.

11. Einrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Spektrometer als Interferometer, insbesondere Polarisations-Interferometer ausgebildet ist, dessen Ausgangssignal einer Auswerteeinrichtung (16) zur Durchführung einer Fourier-Analyse, insbesondere Fast-Fourier-Analyse, zugeführt ist.

12. Einrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß eine Auswerteeinrichtung (16) mit einer Vergleichseinrichtung für vom analysierten Abfallmaterial abgeleitete Spektrogramme und vorbestimmte gespeicherte Spektrogramme vorgesehen ist.

13. Einrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß das Ausgangssignal des Spektrometers einer Steuerung mindestens eines Aktuators (22, 23; 122, 123) zuführbar ist, wie elektrostatischen und/oder pneumatischen und/oder elektromechanischen Auswerfern, Schiebern (17 bis 23), Weichen (123) od. dgl.

14. Einrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Sortiereinrichtung für die Vorsortierung mindestens ein Sieb (4, 24, 104) aufweist.

15. Einrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Sortiereinrichtung für die Vorsortierung mindestens eine Windsichtereinrichtung (27, 32, 43) aufweist.

16. Einrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß eine Vereinzelungseinrichtung (3), gegebenenfalls in Kombination mit einer Vorsortiereinrichtung, z. B. mit einer Zellenradschleuse (6, 106), vorgesehen ist.

17. Verfahren zur Spektralanalyse von Stoffen, insbesondere für die stoffliche Sortierung in einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der zu messende Stoff während seines Transportes entlang einer vorbestimmten Transportbahn von einer elektromagnetischen Strahlungsquelle be- oder durchstrahlt wird und die vom Stoff reflektierte und/oder aus dem Stoff wieder austretende Strahlung gleichzeitig auf mehrere in einer Reihe angeordnete und das Spektrum der vom Stoff abgegebenen Strahlung aufnehmende strahlungselektrische Wandler projiziert wird, deren Ausgangssignal einer Spektralanalyse in einer spektrometrischen Analyseeinrichtung zur Erfassung bzw. Messung artspezifischer stofflicher Parameter zugeführt wird.

18. Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß vor jeder Messung des zu untersuchenden Stoffes das umgebende Medium, wie Luft od. dgl., von den strahlungselektrischen Wandlern und der angeschlossenen spektrometrischen Analyse-

seeinrichtung erfaßt und gemessen wird, und die aus dieser vorstehenden Messung abgeleiteten Meßwerte zur Standardisierung des Ruhesignals der strahlungselektrischen Wandler herangezogen werden.

19. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß durch Vorbeiführen des zu untersuchenden Stoffes an mindestens einem strahlungselektrischen Wandler eine signifikante Änderung dessen Ausgangssignales eingeleitet wird, welche Änderung zur Aktivierung der Spektralanalyse des Stoffes herangezogen wird.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausgangssignale der strahlungselektrischen Wandler während der Zeitdauer des Vorbeiführens des zu messenden Stoffes zumindest in zumindest zwei, vorzugsweise vorbestimmten, Zeitintervallen der Spektralanalyse unterzogen werden.

21. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 17 bis 20, mit einer Strahlungsquelle und einer strahlungselektrischen Sensoreinrichtung, insbesondere zur Steuerung von selbsttätigen Sortiervorrichtungen, vorzugsweise für Kunststoffkörper, wie Kunststoffflaschen, Verpackungsmaterial etc., dadurch gekennzeichnet, daß eine Fördereinrichtung (1) zum Einbringen des zu untersuchenden Stoffes (2) in den Strahlengang der Strahlungsquelle (4) zu mehreren strahlungselektrischen Wandlern (5) vorgesehen ist, daß an die strahlungselektrischen Wandler (5) eine spektrometrische Analyseeinrichtung (3) mit einer elektronischen, digitalen Recheneinrichtung (8) angeschlossen ist, die eine vorzugsweise digitale, Speichereinrichtung für unterschiedlichen Stoffen zugeordneten Soll-Spektren und eine, vorzugsweise digitale, Vergleichseinrichtung für die von den strahlungselektrischen Wandlern (5) zugeführten und in funktionellem Zusammenhang mit dem Ist-Spektrum des untersuchten Stoffes (2) stehenden Ausgangssignale aufweist.

22. Vorrichtung nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß das Ausgangssignal der Vergleichseinrichtung einer Positioniereinrichtung (9) für eine verstellbare Weiche (10) der Fördereinrichtung zur selektiven Beschickung von Lagerbehältern (14) od. dgl. zuführbar ist.

23. Vorrichtung nach Anspruch 21 oder 22, dadurch gekennzeichnet, daß die Speichereinrichtung und/oder die Vergleichseinrichtung ebenfalls als digitale Einrichtung(en) ausgebildet ist bzw. sind.

24. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 21 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß an mindestens einen strahlungselektrischen Wandler (5) zumindest mittelbar ein Schwellwertschalter bzw. eine Schwellwert-Programmfunktion zur Aktivierung des Spektralanalyseprozesses angeschlossen ist.

25. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 21 bis 24, dadurch gekennzeichnet, die strahlungselektrischen Wandler (5) in Form einer Zeile oder einer Matrix an inander gereiht sind, wobei eine Steuerungseinrichtung, z. B. ein Schieberegister, zur zeitsequentiellen Zuführung der Ausgangssignale der Wandler (5) an die Recheneinrichtung (8) vorgesehen ist.

26. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 21 bis 25, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlungsquelle (4) und/oder die strahlungselektrischen

Wandler (5) entfernt vom zu messenden Stoff (2) angeordnet sind und über Strahlungsleiter bzw. Faseroptiksysteme mit dem zu messenden Stoff (2) in Wirkverbindung bringbar ist bzw. sind.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen



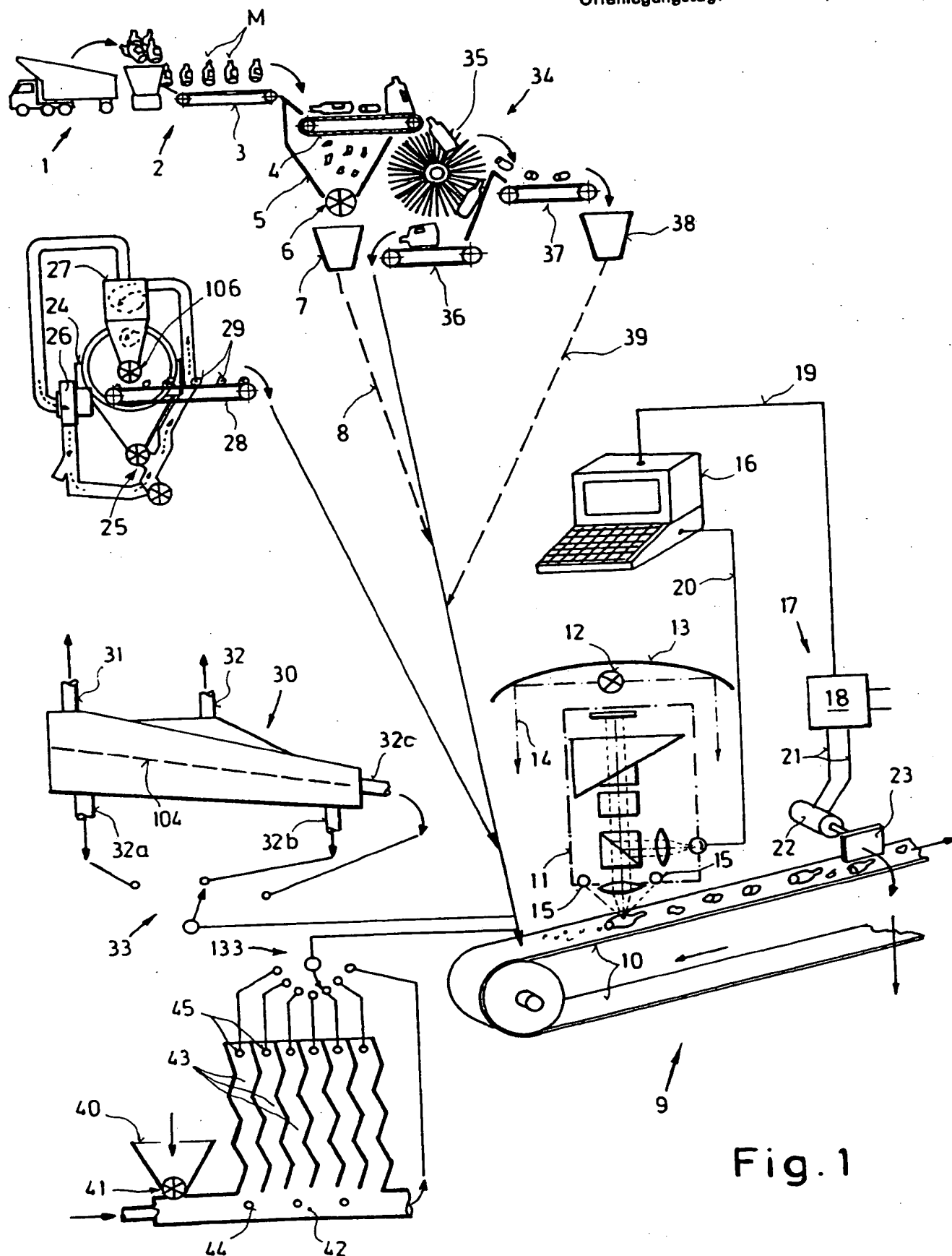


Fig. 1

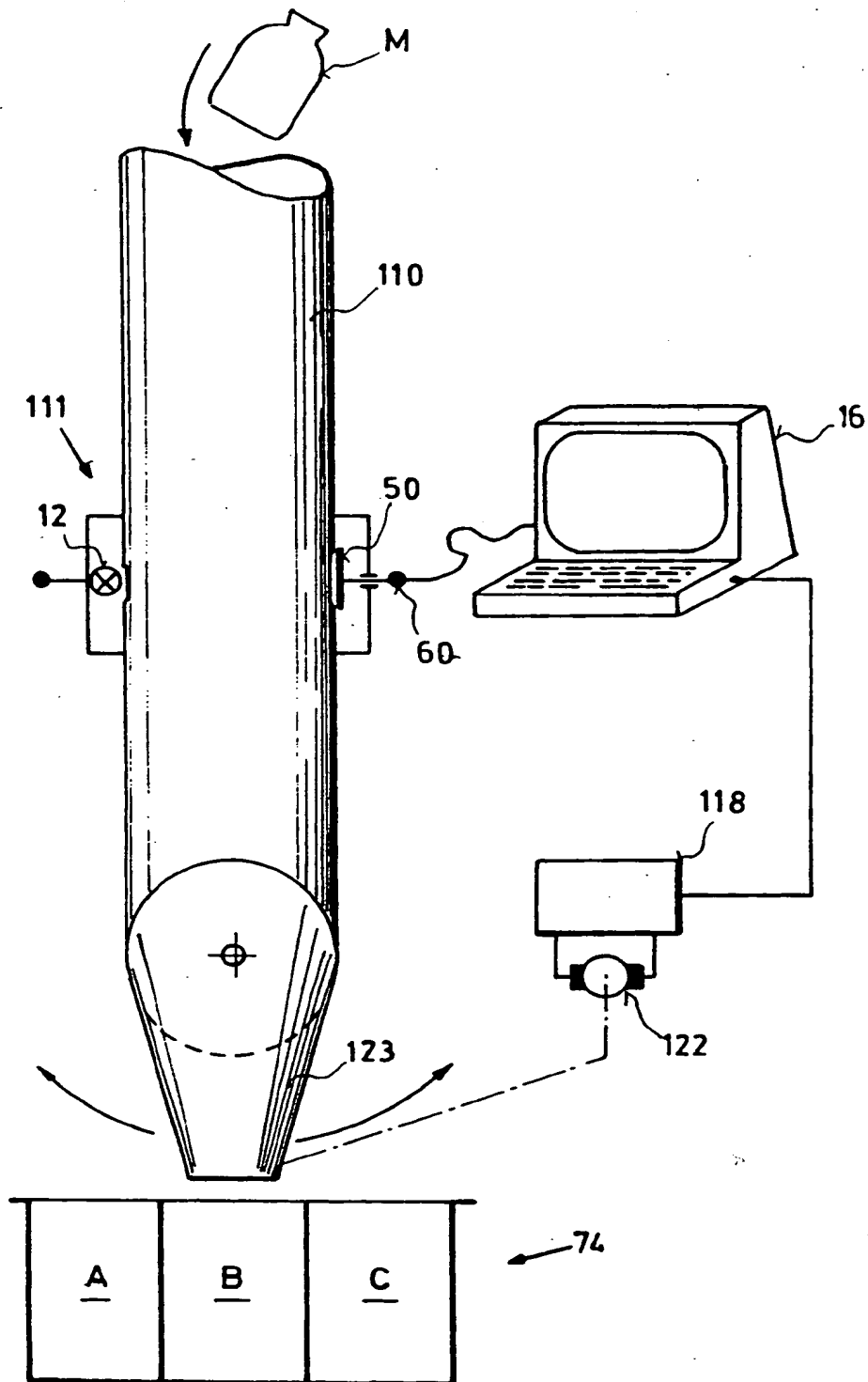


Fig. 2